

Die extraktive Basis der Bioökonomie: Synthetische Düngemittel, Peak Phosphorus und alternative Technologien

Anlauf, Axel

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Verlag Barbara Budrich

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Anlauf, A. (2020). Die extraktive Basis der Bioökonomie: Synthetische Düngemittel, Peak Phosphorus und alternative Technologien. *PERIPHERIE - Politik, Ökonomie, Kultur*, 40(3-4), 284-307. <https://doi.org/10.3224/peripherie.v40i3-4.04>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-SA Lizenz (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-SA Licence (Attribution-ShareAlike). For more Information see: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>

Axel Anlauf

Die extraktive Basis der Bioökonomie Synthetische Düngemittel, *Peak Phosphorus* und alternative Technologien

Keywords: phosphate rock, mining, peak phosphorus, fertilizer, industrial agriculture, bioeconomy, commodity chains, food crises, global inequality, Brazil, Peru, nutrient-recycling

Schlagwörter: Phosphatgestein, Bergbau, *peak phosphorus*, Düngemittel, Industrielle Landwirtschaft, Bioökonomie, Güterketten, Ernährungskrisen, Globale Ungleichheit, Brasilien, Peru, Nährstoff-Recycling

1. Einleitung

Verschiedene Bioökonomiestrategien zielen auf die Substitution fossiler Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe. Jedoch ist auch die Produktion agrarischer Ressourcen im derzeitigen Modell der industriellen Landwirtschaft ein extraktives System, das auf die ständige Zufuhr externer Nährstoffe angewiesen ist. Die drei Hauptnährstoffe sind Stickstoff, Kalium und Phosphor. Stickstoffdünger wird überwiegend synthetisch aus Erdgas hergestellt, wohingegen Kalium- und Phosphordünger ebenfalls chemisch verarbeitet werden, aber auf Mineralien beruhen, die in tatsächlichen Minen gefördert werden: Kali-Salze und Phosphatgestein. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich näher mit Phosphor¹, da dieser Nährstoff nicht ersetzbar ist und bei dem Rohstoff Phosphatgestein derzeit Tendenzen einer Verknappung bzw. verstärkten Nutzungskonkurrenz auftreten. Zwar sind ausreichende Mengen von Kali-Salzen in verschiedenen Weltregionen vorhanden und durch die Fracking-Revolution scheint auch der Zugriff auf günstiges Erdgas für die Stickstoffproduktion vorerst gesichert. Jedoch bleibt nach Liebigs Minimumgesetz die Wirksamkeit aller Nährstoffe durch die knappste

1 Während der Begriff „Phosphor“ ein chemisches Element bezeichnet, sind „Phosphate“ Verbindungen, in denen Phosphor enthalten ist.

Ressource begrenzt, sodass Probleme in der Phosphatversorgung das gesamte Produktionssystem der industriellen Landwirtschaft infrage stellen könnten.

Der vorliegende Beitrag fragt danach, welche Auswirkungen diese extraktive Abhängigkeit auf die Herausbildung einer Bioökonomie hat und inwieweit sich mit Bioökonomiestrategien das Nährstoffproblem bearbeiten lässt. Dabei argumentiert der Beitrag, dass Bioökonomiestrategien bereits bestehende Auseinandersetzungen um die Phosphatversorgung verschärfen und globale Ungleichheiten verstärken, während sie nur eine bedingte Abkehr vom extraktiven Charakter der Landwirtschaft erlauben, aber die Interessen dominanter Akteure sichern können.

Dazu sollen im nächsten Abschnitt (2.) einige Eckpunkte der industriellen Landwirtschaft vorgestellt und anhand ausgewählter Strategien der Bioökonomie geklärt werden, wie sich diese gegenüber dem Produktionsmodell positionieren. Anschließend folgt ein historisch-theoretischer Abschnitt über Nährstoffflüsse in der kapitalistischen Landwirtschaft (3.), bevor genauer auf die Phosphatindustrie eingegangen wird und der Wandel von Phosphatgestein von „billiger Massenware“ zu einem strategischen Rohstoff dargelegt wird (4.). Der letzte Abschnitt (5.) stellt exemplarisch Strategien verschiedener Akteure zum Umgang mit der neuen Situation dar, wobei deutlich wird, dass die Kontrolle über Phosphor-Flüsse zunehmend umkämpft ist.

2. Landwirtschaft in der Bioökonomie

Wie lässt sich die konventionelle bzw. industrielle Landwirtschaft, die derzeit überwiegend praktiziert wird, als Produktionssystem charakterisieren²? Sie folgt dem Leitgedanken der Industrialisierung, mit dem Einsatz von Maschinen in standardisierten Verfahren möglichst kostengünstig zu produzieren. Mit der Abnahme des Anteils menschlicher Arbeit in der Landwirtschaft wird die Produktion (a) *land- und kapitalintensiv*. Traktoren, Mähdrescher, etc. müssen zunächst erworben werden und brauchen dann große Landflächen, um effektiv zum Einsatz zu kommen. Es kommt zu einer (b) *Homogenisierung diversifizierter Ökosysteme*, da die standardisierten Verfahren für Aussaat, Bewässerung und Ernte mit Maschinen auf wenige (gezüchtete) Pflanzenarten ausgelegt sind, die als Monokulturen angepflanzt werden. Neben dem massiven Verlust von Artenvielfalt werden natürliche Metabolismen (Stoffwechselkreisläufe) zerstört, die für das Pflanzenwachstum notwendig sind. Statt eines zirkulären Nährstoffflusses zwischen Boden, Pflanzen und Lebewesen, etabliert sich mit der industriellen Landwirtschaft (c) *ein offenes Durchflusssystem*. Durch die kontinuierliche

2 Die Ausführungen in diesem Abschnitt basieren auf Weis 2007: 28-59.

Zufuhr standardisierter, menschlich designter externer Inputs, wie Saatgut, Pestizide und Düngemittel, wurden ökologische Grenzen überwunden und neue Felder der Kapitalakkumulation erschlossen. So kann Saatgut durch Zucht und Patente zur Ware werden und steht den Landwirt*innen nicht mehr kostenfrei als Teil ihrer Ernte in einem natürlichen Zyklus zur Verfügung. Die industrielle Landwirtschaft ist deshalb stark geprägt von den *(d) Interessen des Agribusiness*. Dies sind Unternehmen, die selbst keine Felder bewirtschaften, sondern Inputs wie Saatgut herstellen oder die Ernte der Erzeuger*innen weiterverarbeiten und vermarkten, und somit ein Interesse an möglichst „langen“ Produktionsketten haben, die maßgeblich unter ihrer Kontrolle stehen (s. auch Abschnitt 4).

Aufgrund der zahlreichen negativen sozial-ökologischen Auswirkungen³ der industriellen Landwirtschaft werden verstärkt alternative Produktionsmodelle diskutiert. Als ein Gegenentwurf zur industriellen Landwirtschaft gilt die sogenannte biologische oder *ökologische Landwirtschaft*, deren Produkte mit Siegeln⁴ gekennzeichnet werden. Sie setzt vor allem an Punkt (c) an, indem der Einsatz chemisch hergestellter Inputs (Pestizide und Düngemittel) je nach Siegel einschränkt oder verboten wird. Dabei wird versucht, natürliche Nährstoffquellen und -kreisläufe zu nutzen, außerdem können „organische“ externe Nährstoffquellen wie Guano, Gesteinsmehle oder Kalke zum Einsatz kommen (BÖLW o.J.). In der Regel ist die Produktion arbeitsintensiver und die Betriebe sind kleiner. Transkontinentale Güterketten werden nicht infrage gestellt, sodass sich dieses Modell auch als Nischenmarkt mit den Interessen von Teilen des Agribusiness in Einklang bringen lässt. So finden sich beispielsweise häufig Bio-Äpfel aus Übersee in deutschen Supermarktketten.

3 Dazu zählen die Zerstörung von Wäldern, Savannen und Feuchtgebieten; sowie das massive Artensterben, vor allem von Insekten wie Bienen, nicht zuletzt durch Pestizideinsatz; aber auch ein massiver Verbrauch von Süßwasser in künstlichen Bewässerungssystemen; des Weiteren eine Befeuerung des Klimawandels durch starke Nutzung fossiler Energie bei Produktion, Verarbeitung und den langen Transportwegen, aber auch durch die Freisetzung von Lachgas (N_2O) bei der Stickstoffdüngung sowie durch die Freisetzung von Methan (CH_4) bei der Rinderzucht; schließlich werden durch die Ausdehnung des großflächigen Anbaus, vor allem im Globalen Süden, kleinbäuerliche Siedlungen verdrängt und ihrer Lebensgrundlage beraubt (*land grabbing*), während Preisschwankungen auf den internationalen Nahrungsmittelmärkten besonders fatale Auswirkungen für Konsument*innen mit geringer Kaufkraft im Globalen Süden haben und zur Ausweitung von Hunger führen können (*food riots*/Ernährungskrisen). Für einen Überblick s. z.B. den Konzernatlas von Heinrich-Böll-Stiftung u.a. 2017.

4 Am weitesten verbreitet ist das EU-Bio-Siegel, strengere Kriterien haben z.B. das Naturland- oder Bioland-Siegel.

Weiter geht das Konzept der *Agrarökologie*, das auf die „Entwicklung lokal angepasster bäuerlicher Lösungen, die mit den verfügbaren Ressourcen auskommen“ (INKOTA-Netzwerk u.a. 2016: 6), abzielt. Es geht darum, traditionelles, lokales Wissen zu nutzen und natürliche Metabolismen weitgehend wiederherzustellen oder zu imitieren. Zudem steht die lokale Produktion und Vermarktung sowie demokratische Kontrolle durch Kooperativen im Vordergrund, sodass dieses Modell auch einen expliziten Gegenentwurf zur Macht des Agribusiness darstellt. Durch die (Wieder-)Aneignung von Land als Produktionsmittel findet mit einer angestrebten Souveränität über Produktion und Konsumption (*food sovereignty*) und der Betonung des Gebrauchswerts von Nahrungsmitteln gegenüber dem Tauschwert, wie es in Projekten Solidarischer Landwirtschaft (SoLaWi) praktiziert wird, auch eine gewisse Abkehr von der kapitalistischen Durchdringung der Landwirtschaft statt (vgl. Abschnitt 3).

Wie soll die landwirtschaftliche Produktion nun in der Bioökonomie aussehen? Dazu werden kurz zwei Papiere aus Deutschland und Brasilien herangezogen. Das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft herausgegebene Papier „Nationale Politikstrategie Bioökonomie“ (BMEL 2014) enthält einige detaillierte Vorstellungen zur Bioökonomie, die in der Nationalen Bioökonomiestrategie (BMBF & BMEL 2020) aktualisiert wurden. Trotz des inflationären Gebrauch des Begriffs „nachhaltig“ (rund 150 Treffer auf 70 Seiten Fließtext) bleibt unklar, wie ein „nachhaltiges“ landwirtschaftliches Produktionssystem funktionieren soll. Eine deutliche Abkehr vom bestehenden industriellen Produktionsmodell bleibt aus. Stattdessen finden sich verschiedene positive Bezugspunkte auf diese Anbauweise, besonders im Abschnitt 5.2 D „Nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung nachwachsender Ressourcen“ (BMEL 2014: 50ff).

Dort heißt es: Für „eine nachhaltige Steigerung der Ernteerträge [...] sind, neben dem Einsatz moderner Züchtungsmethoden, Effizienzverbesserungen insbesondere in Bezug auf den Einsatz von Energie, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln notwendig“ (ebd.: 53). Es gilt also, den Einsatz von Inputs effizienter zu gestalten, andere Inputs oder die Schließung oder Nutzung natürlicher Stoffkreisläufe werden nicht angestrebt. Das Strategiepapier problematisiert den Rückgang der Ertragssteigerungen des industriellen Produktionsmodells. Denn im 20. Jahrhundert hatten sich die Erträge weltweit mehr als verdoppelt, bevor diese Steigerung ab der Jahrtausendwende zurückging (Moore 2010). Nun gelte es, laut dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL 2014), „den Ertragsfortschritt durch Forschung und Entwicklung wieder zu beschleunigen“ (ebd.: 53). Auch hier sticht die Kontinuität zum industriellen Anbau hervor.

In Brasilien gibt es keine detaillierte staatliche Bioökonomiestrategie, jedoch finden sich im nationalen Strategiepapier zu Wissenschaft, Technik und Innovation einige Ausführungen. Hier wird ebenfalls auf „technologischen Fortschritt [und] innovative Lösungen [...] zur Verbesserung der Produktivität und der Qualität der landwirtschaftlichen Produktion“ gesetzt⁵ (MCTIC 2016: 95).

Es lässt sich also festhalten, dass die genannten Bioökonomiestrategien die industrielle Landwirtschaft verbessern und „nachhaltiger“ machen wollen, diese aber als Produktionssystem nicht infrage stellen. Das derzeit bestehende System offener Nährstoffflüsse bliebe also vorerst auch innerhalb der Bioökonomie bestehen, auch wenn Modifizierungen erprobt werden (dazu Abschnitt 5.3).

3. Nährstoffe und kapitalistische Landwirtschaft: Genese eines globalen Durchflusssystems

Bisher war in diesem Artikel vor allem die Rede von *industrieller* Landwirtschaft, einer Ausformung der *kapitalistischen* Landwirtschaft, die sich im 20. Jahrhundert etabliert hat. Ihre Wurzeln, und besonders das Merkmal offener Nährstoffflüsse, reichen aber deutlich weiter zurück. Im Zuge der englischen Agrarrevolution des langen 17. Jahrhunderts und der Einhegung der *commons* (Gemeinschaftsländereien; Allmende) entstand eine kapitalistische Landwirtschaft, geprägt durch: (a) eine Klassenstruktur von landlosen Lohnarbeiter*innen, die für Pächter arbeiten, welche Land und Reichtum anhäufen und die Ernte für einen Profit verkaufen; (b) die Durchdringung der Landwirtschaft von Warenbeziehungen, in Bezug auf das Produkt der Arbeit, aber auch das Land selbst, welches verloren oder erworben werden kann; und schließlich (c) Produktivitätsfortschritte durch technologische Erneuerungen wie der Einführung der Fruchtfolge und Maschinen.⁶

Die sozialen Folgen dieser brutalen Umwälzungen sind zahlreich analysiert (klassisch Marx, MEW 23: Kap. 24), jedoch hatte dieser Prozess auch starke ökologische Komponenten. Die Umwandlung des durch Viehauscheidungen äußerst nährstoffreichen Weidelandes (*commons*) in private Ackerflächen ermöglichte, in Kombination mit technologischen Neuerungen,

5 Alle Übersetzungen fremdsprachiger Zitate stammen vom Autor. Originaltext: „[...] avanço tecnológico [e] soluções inovadoras para [...] melhorar a produtividade e a qualidade da produção agropecuária“ (ebd.).

6 So wurden z.B. die Pflüge ständig verbessert: vom schweren Räderpflug, über den „holländischen Pflug“ bis hin zu dem berühmten „Rotherham Stahl-Pflug“ (patentiert 1730), der den Zeitaufwand und den Einsatz von Pferdekraft um jeweils ein Drittel reduzierte (Overton 1996: 122).

einen enormen Anstieg der Erträge (Overton 1996: 63ff). Dadurch wurde erst die Voraussetzung für Urbanisierung und gesellschaftliche Arbeitsteilung geschaffen, da immer weniger Arbeitskraft in der Landwirtschaft gebraucht wurde.

Als sich die Produktivitätsfortschritte dieses Modells Ende des 18. Jahrhunderts mehr und mehr erschöpften, wurden im Laufe des 19. Jahrhunderts zunehmend externe Ressourcen zur Düngung genutzt, die nicht Teil lokaler Nährstoffkreisläufe waren. Zentral für diese Entwicklungen war die beginnende Forschung zur Agrochemie, unter anderem durch Justus von Liebig und John Bennet Lawes. Sie erkannten einerseits den Nährstoffverlust durch die Agrarrevolution und die zunehmende Urbanisierung, andererseits aber auch die Möglichkeit, diesen durch externe Ressourcen auszugleichen (Foster 2000: 155ff).

Angeregt durch die Arbeit von Liebig finden sich bereits bei Karl Marx Überlegungen zum gesellschaftlichen Stoffwechsel, die in jüngerer Zeit John Bellamy Foster (ebd.) unter dem Begriff des „metabolischen Risses“ (*metabolic rift*) weitergeführt hat. Zentral für kapitalistische Landwirtschaft ist die Praxis, Nährstoffe durch monokulturellen Nutzpflanzenanbau aus dem Boden zu ziehen, ohne diese wieder dem Boden zuzuführen, da die Konsumption der Pflanzen an anderen Orten stattfindet. In Städten sammeln sich die Nährstoffe ungenutzt im Abwasser an und übersäuern mitunter die Flüsse und Meere (ebd.: 155ff). Düngemittel bilden dementsprechend eine technologische Lösung zur Bearbeitung des metabolischen Risses, mit der die ökologischen Grenzen aufgebrochen und die kapitalistische Landwirtschaft (temporär) stabilisiert werden konnte (Weis 2007: 55). Doch diese Bearbeitung bedarf der Aneignung von „Gratisdiensten“ der Natur, etwa von in Mineralien oder Böden gespeicherten Nährstoffen, die produktiv genutzt werden. Laut Jason Moore (2015) sei ein Grundzug der Kapitalakkumulation nicht nur die Zerstörung von Natur, sondern auch die Aneignung ihrer Produktivität. Diesen sich historisch ausweitenden Prozess, in dem immer neue Bereiche unbezahlter Arbeit der Kapitalakkumulation zugeführt werden, beschreibt Moore als *frontier*-Bewegung.

Phosphor- und stickstoffhaltige Rohstoffe wurden ab den 1840er Jahren besonders von der südamerikanischen Pazifikküste über das britische Freihandelssystem importiert: Zunächst Guano, die abgelagerten Ausscheidungen von Fledermäusen und Seevögeln, dann verstärkt Chilesalpeter⁷, ein aus Gesteinen in der Atacama-Wüste gewonnener Mineraldünger (Loeber 2010: 36f).

7 Es sei kurz darauf verwiesen, dass sich die chilenische Regierung mit Unterstützung Großbritanniens die Kontrolle über die Ressourcen der Nachbarländer Peru und Bolivien im sogenannten Salpeterkrieg aneignete (s. Loeber 2010).

Parallel zu dieser zunehmenden Erschließung externer Nährstoffe für die europäische Landwirtschaft intensivierte sich im 19. Jahrhundert auch die Ausdehnung agrarischer *frontiers* in Übersee, die bereits mit der iberischen Kolonialisierung der Amerikas begonnen hatte. Nun waren es vor allem die Siedlungskolonien, wie Nordamerika und Australien, welche mit ihren fruchtbaren Böden für hohe Erträge und günstigen Weizen in Europa sorgten (Weis 2007: 50ff).

Doch für die europäische Landwirtschaft selbst war der Chilesalpeter zunächst die einzige Stickstoffquelle. Da nach dem von Liebig popularisierten Minimumgesetz⁸ nur eine erhöhte Zufuhr von allen Nährstoffen dem Pflanzenwachstum nutzt, war die Stickstoffversorgung der zentrale „Flaschenhals“ für die Produktivität der europäischen Landwirtschaft. Zudem kontrollierte das britische Freihandelssystem den Transport nach Europa. Im Bewusstsein dieser Abhängigkeiten, die auch die Stickstoff benötigende Kriegsindustrie betrafen, wurde im deutschen Kaiserreich die Forschung von Fritz Haber und Carl Bosch zur synthetischen Herstellung der Stickstoffverbindung Ammoniak stark gefördert (Loeber 2010: 34ff). Das 1908 entwickelte Haber-Bosch-Verfahren brach die ökologischen Grenzen abermals auf und leitete eine neue Ära der Düngemittelindustrie ein. Stickstoffdünger konnte nun synthetisch auf Basis von fossilen Brennstoffen hergestellt werden. Durch die Weltwirtschaftskrise und die Wirren des Zweiten Weltkriegs kam es aber erst nach 1945 zu einer großflächigen Ausdehnung von synthetischem Stickstoffdünger, zumal durch das Kriegsende massive Produktionskapazitäten zur Ammoniakherstellung frei wurden (Foster & Magdoff 2000).

Vor allem in den USA wurde mit staatlicher Unterstützung aus den *new-deal*-Programmen die Industrialisierung der Landwirtschaft vorangetrieben, inklusive der Nutzung synthetischer Düngemittel. Exportierten die USA zunächst die chronischen Weizenüberschüsse als *food aid* nach Westeuropa und in den Globalen Süden, gingen sie ab den 1960er Jahren verstärkt dazu über, das gesamte Technologiepaket der industriellen Landwirtschaft zu exportieren: Maschinen (Traktoren), gezüchtetes Saatgut und chemische Düngemittel (Clapp 2016: 40). Von den 1960er bis in die 1980er Jahre erreichte die sogenannte Grüne Revolution die meisten Regionen Lateinamerikas und Asiens und ermöglichte eine etwa 2,4-fache Steigerung der durchschnittlichen globalen Erträge (Weis 2007: 17). Dies geschah freilich im Zusammenhang mit einer Transnationalisierung von Produktionsketten und dem Abbau von Zollhindernissen. Nach der Schuldenkrise der 1980er Jahre

8 Auch wenn dieses Gesetz in der späteren Agrarforschung angepasst wurde, soll es in diesem Artikel zunächst der Verdeutlichung der Grundzusammenhänge dienen.

forcierten besonders die von Weltbank und IWF auferlegten Strukturanpassungsprogramme eine verstärkte Exportorientierung der landwirtschaftlichen Sektoren des Globalen Südens und somit eine Re-Etablierung der kolonialen Rolle als Rohstofflieferanten (Anlauf & Schmalz 2019). Mit der Gründung der Welthandelsorganisation WTO und dem Abkommen über Landwirtschaft wurde dieses Freihandelssystem vollends institutionalisiert (Patel 2012: 101ff).

Dadurch konstituierte sich ein zunehmend globalisiertes System offener Nährstoffflüsse, in dem die tägliche Nahrung der Mehrheit der Menschen auf transkontinental verschifften Nutzpflanzen basiert. Damit diese günstig produziert werden können, muss der (transkontinentale) Zufluss externer Nährstoffquellen sichergestellt sein. Dies war jahrzehntelang der Fall und sozial-ökologische Forschung vom grünen Mainstream (Rockström u. a. 2009: 472ff) bis zum Ökomarxismus (Foster & Magdoff 2000) befasste sich allenfalls mit der *output*-Seite von chemischer Düngernutzung. Die Organisation von Nährstoffflüssen von der Mine auf das Feld ist ein bisher unerschlossenes Forschungsfeld an der Schnittstelle zwischen kritischen Agrarstudien und der politischen Ökonomie natürlicher Ressourcen. Geologie und Ökologie setzten hier freilich Rahmenbedingung, wie diese jedoch ausgenutzt werden, sprich, wie Nährstoffflüsse in welchen Güterketten organisiert werden und wer davon wie profitiert, ist eine Frage von Machtverhältnissen innerhalb und zwischen Gesellschaften.

4. Überblick der Phosphatindustrie aus Perspektive der Güterkettenforschung

In den folgenden Abschnitten wird verstärkt auf das in der Weltsystemanalyse geprägte Konzept der Güterketten zurückgegriffen. Diese „Netzwerk(e) aus Arbeits- und Produktionsprozessen, dessen Endergebnis eine fertige Ware ist“ (Hopkins & Wallerstein 1986: 159), durchziehen das Weltsystem und sind Ausdruck der ungleichen Entwicklung zwischen Zentrum und Semi-/Peripherie. Für eine hohe Abschöpfung von Gewinnen aus diesen Produktionsprozessen ist weniger der Industrialisierungsgrad an bestimmten Wertschöpfungsstufen entscheidend als die mithilfe politischer Macht durchgesetzte Monopolisierung (Anlauf & Schmalz 2019). So besteht beispielsweise das Kerngeschäft des US-Unternehmens *Cargill* aus dem Handel mit Agrarrohstoffen und nicht in der Produktion industrieller Güter. 2015 rangierte es aber mit einem Umsatz von 120,4 Mrd. US\$ auf Platz 37 der Fortune 500 Liste. Zusammen mit drei weiteren Unternehmen kontrolliert

Cargill rund 70 % des weltweiten Agrarhandels, kann durch Marktmacht Preise setzen und hohe Gewinnspannen erzielen (Herre 2017).

4.1 Entwicklungen bis zur Jahrtausendwende:

„Billige Massenware“

Die Güterkette von Phosphatdüngern beginnt mit dem Abbau von Phosphatgestein. Anschließend wird der Rohstoff in industrielle Anlagen transportiert, wo in einem chemischen Verfahren, unter dem Zusatz von Schwefelsäure, Phosphorsäure⁹ hergestellt wird. In einem dritten Schritt werden in Fabriken fertige Düngemittel hergestellt, die entweder nur Phosphor enthalten (Superphosphate; flüssig) oder mit der Stickstoffverbindung Ammoniak zu Mischdüngern wie Mono- oder Diammoniumphosphat (MAP oder DAP; granuliert) verarbeitet werden (Potashcorp 2018: 23). Die Herstellung dieser fertigen Düngemittel ist zunächst die höchste Wertschöpfungsstufe, wobei besonders im Handel und Verkauf dieser zunehmend oligopolartigen Industrie hohe Gewinnmargen erzielt werden. Zum einen haben Staaten also ein ökonomisches Interesse an der geografischen Ansiedlung dieser Industrien und der Kontrolle der Handelsströme, zum anderen wird dies zunehmend zu einem strategischen Interesse zur Nahrungsmittelversorgung.

Mit der Entwicklung und Ausbreitung des Haber-Bosch-Verfahrens stieg auch die Produktion von Phosphatdünger massiv an. In den Jahrzehnten vor 1945 betrug die Produktion von Phosphatgestein um die 10 Mio. Tonnen (t), bis 1948 verdoppelte sich die Menge aber bereits. In den nächsten Jahrzehnten stieg sie stetig an und erhöhte sich bis auf 166 Mio. t im Jahr 1988 (Jasinski & Buckingham 2010).

Das Zentrum der Phosphatindustrie bildete sich im 20. Jahrhundert zunächst in Florida (USA), wo reichlich Phosphatgestein lagerte. Die *International Minerals & Chemicals Corporation* (IMC) entwickelte sich zu dem dominierenden Unternehmen (Derdak & Kepos 1994: 264f). Zwar stieg die weltweite Düngerproduktion nach dem zweiten Weltkrieg enorm an, allerdings ging der Anteil der US-amerikanischen Produktion sukzessive zurück: Wurde in den 1950er Jahren noch rund die Hälfte des weltweiten Phosphatgesteins in den USA gefördert, ging der Anteil bis Ende der 1980er Jahre auf ein Viertel zurück (Jasinski & Buckingham 2010). Hintergrund ist der Aufbau nationaler Phosphatindustrien unter staatlicher Lenkung in den Semi-/Peripherien. Neben der Sowjetunion, die in den 1980er Jahren vergleichbare Level wie die US-amerikanische Produktion erreichte

9 Um die Darstellung übersichtlicher zu halten, wird der Handel mit diesem Zwischenprodukt im Folgenden ausgeklammert.

(45 bis 50 Mio. t im Jahr), ist besonders Marokko von Bedeutung. War Marokko zunächst reiner Lieferant des Rohstoffs Phosphatgestein für die in europäischen Staaten angesiedelten Düngerindustrien, begann das staats-eigene Unternehmen OCP (ehemals: *Office Chérifien des Phosphates*) in den 1960er Jahren verstärkt mit dem Aufbau einer verarbeitenden chemischen Industrie. Heute fördert Marokko mit ca. über 30 Mio. t eine ähnlich große Menge Phosphatgestein wie die USA und tritt als wichtigstes Exportland auf. Schließlich wurden auch in Brasilien, Tunesien, Ägypten und Syrien Düngemittelindustrien als Teile nationaler Entwicklungsprojekte aufgebaut, deren Produktionsmenge aber unter 10 Mio. t pro Jahr blieb (Rawashdeh & Maxwell 2011).

Durch diese Entwicklungen herrschte ab den 1960er Jahren ein relatives Überangebot an Phosphatgestein bzw. seinen Derivaten. Die realen Preise fielen von 40 US\$ je Tonne (1960er Jahre) auf unter 30 US\$ je Tonne (Anfang 2000) (Rawashdeh & Maxwell 2011: 16f). Somit wurden Düngemittel, besonders der Rohstoff Phosphatgestein, zu einer „günstigen Massenware“ (*low-cost bulk commodity*). Durch die Ausweitung von Phosphat-*frontiers* wurden diese produktivitätssteigernden Düngemittel sehr günstig verfügbar. Während dieser Phase bestand weder in Landwirtschaft noch in Politik und Öffentlichkeit Anlass zur Sorge um die Versorgung mit (Phosphat-)Dünger.¹⁰

Die US-amerikanische Phosphatdüngerindustrie reagierte auf die extrem niedrigen Preise, die nur geringe Margen erlaubten, mit weiteren Unternehmenszusammenschlüssen. 2004 gründeten IMC und der Agribusinessriese *Cargill* das Joint Venture *The Mosaic Company* (im folgenden Mosaic). Das mehrheitlich von der Cargill-Familie kontrollierte Unternehmen nahm schnell eine dominante Stellung auf dem US-Markt ein (Taylor & Moss 2013: 16). In der Phase niedriger Düngerpreise bis etwa 2005 konsolidierte sich so zunehmend eine oligopolartige Struktur in der Düngerindustrie, die in Nordamerika zusätzlich durch staatlich geduldete Exportkartelle gefördert wurde. Zusammen mit den staatlich kontrollierten Industrien in semi-/peripheren Staaten wird deutlich, dass in der Düngemittelindustrie ein sehr geringer Wettbewerb unter großem staatlichen Einfluss herrscht. Diese oligopolartige Struktur erlaubt bei entsprechender Nachfrage Preissetzungsmöglichkeiten und hohe Monopolgewinne. So kalkulieren Robert Taylor & Diana Moss (2013: 53), dass die Profite von nordamerikanischen Unternehmen, wie Mosaic, zwischen 2008 und 2012 um 29 % über den marginalen Kosten lagen. Diese gilt es für die Unternehmen auch vor dem

10 Hier liegt ein möglicher Grund, warum die Güterketten aus der Mine auf das Feld so wenig erforscht sind.

Hintergrund von Machtverschiebungen und neuen staatlichen Akteuren zu verteidigen (s. Abschnitt 5).

4.2 *Peak Phosphorus?*

Spätestens im Frühjahr 2007 änderte sich die Lage der Düngemittelindustrie radikal. In diesem Jahr stiegen die Preise für alle Düngemittel, inklusive der Rohstoffe wie Phosphatgestein, sprunghaft an und erreichten im September 2008 ihren Höhepunkt. Der Preis für Phosphatgestein verzehnfachte sich nahezu innerhalb von 1,5 Jahren von 45,5 US\$ je Tonne (April 2007) auf 430 US\$ je Tonne (September 2008). Zwar setzte anschließend ein ebenso rapider Preisverfall ein, ab Anfang 2010 stiegen die Preise aber erneut an und verharrten auf einem relativ hohen Niveau, das drei- bis fünfmal über den Preisen der 1990er und der frühen 2000er Jahre lag. Ab 2013 bewegten sich die Preise wieder nach unten, fielen aber nicht bis auf die Niveaus von vor 2007 herab, als sie bei ca. 40 US\$ je Tonne lagen.¹¹

Der Preisschock von 2007/08, vor allem aber die darauffolgende länger anhaltende Periode hoher Düngemittelpreise wurde zu einem ernsthaften Problem für die Agrarproduktion und Länder mit einem starken landwirtschaftlichen Sektor. Zwar bewegten sich die meisten Preise für Agrarerzeugnisse in einem ähnlichen (zeitlich versetzten) Muster, die Anstiege bei Düngemitteln waren jedoch deutlich höher (Gnutzmann & Spiewanowski 2015). Dadurch setzten sie Landwirte unter enormen Kostendruck, vor allem kleinere und mittelgroße Produzent*innen im Globalen Süden mit geringer Kaufkraft. In Indien, das komplett von Importen von Phosphatgestein abhängt, protestierten Agrarproduzent*innen massiv gegen Versorgungsengpässe von Düngemitteln, es kam sogar zu gewaltsamen Ausschreitungen mit Todesopfern (Cordell 2010: 127).

Laut Arno Rosemarin u.a. (2009) verstärken die erhöhten Düngerpreise somit globale Ungleichheiten. Dies zeigte sich auch in den Ernährungskrisen 2007/08 und 2011, von denen besonders Menschen mit geringem Einkommen in Ländern des Globalen Südens betroffen waren. Proteste gegen hohe Nahrungsmittelpreise von Haiti über Ägypten bis Indonesien erschütterten die Welt, während rund 100 Millionen Menschen in den Hunger gerissen wurden, sodass nach offiziellen Zahlen zeitweise mehr als eine Milliarde Menschen weltweit von Hunger betroffen waren (Clapp 2016: 133ff). Neben der Erklärung der Mainstream-Ökonomie, dass die Nachfragesteigerung durch Agrartreibstoffe und erhöhten Konsum in Indien und China die Preise

11 S. <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rock-phosphate&months=300>, letzter Aufruf: 5.10.2020.

in die Höhe trieben, wurde von kritischer Seite besonders die Finanzialisierung zur Erklärung der sprunghaften Preisanstiege bei Nahrungsmitteln angeführt (ebd.). Unterbelichtet bleiben bisher die Anstiege bei den Düngemittelpreisen, die nach ersten Berechnungen bis zu 60 % der gestiegenen Nahrungsmittelpreise ausmachten (Gnutzmann & Spiewanowski 2015). Ob diese Quantifizierung angemessen ist, soll hier nicht weiter diskutiert werden. Festzuhalten bleibt, dass die jüngsten Preisanstiege in direktem Zusammenhang mit gestiegenen Lebensmittelpreisen stehen. Diese Dynamik hat zwischenzeitlich zu starker soziopolitischer Instabilität geführt.

Diese Entwicklungen lösten zudem eine Debatte um eine mögliche geologische Erschöpfung der Reserven an Phosphatgestein aus. Autor*innen um die Nachhaltigkeitsforscherin Dana Cordell legen in Anlehnung an die *peak-oil*-These nahe, dass auch bei Phosphatgestein ein Fördermaximum (*peak*) bevorstehe (Cordell & White 2011). In den USA wurde das Fördermaximum bereits in den 1980er Jahren erreicht, 1996 wurde das Land zudem zu einem Nettoimporteur von Phosphatgestein (Jasinski & Buckingham 2010). Den globalen *Peak Phosphorus* datieren Cordell und Kolleg*innen auf 2033. Mit dem *Peak Phosphorus* ist nicht die absolute Erschöpfung von Phosphatgestein gemeint, sondern der Punkt, an dem die Produktion abnimmt und die Förderkosten immer teurer werden, da qualitativ hochwertige und leicht zu erschließende Ressourcen bereits abgebaut sind, während die Nachfrage stetig steigt. Dadurch würden die Preise für Dünger und Nahrungsmittel dauerhaft ansteigen, wodurch mit andauernden Ernährungskrisen, wie 2007/08 und 2011, zu rechnen wäre. In den *Peak*-Szenarien wird bereits mit Nachfragesteigerungen gerechnet, die sich durch eine steigende Weltbevölkerung, erhöhten Fleischkonsum sowie durch den Einsatz von Agrartreibstoffen (in bisherigem Ausmaß) ergeben (Cordell & White 2011: 2032f).

Davon ausgehend, dass der Phosphatverbrauch in der landwirtschaftlichen Produktion relativ konstant bleibt (zu möglichen Abweichungen Abschnitt 5), dürfte eine weitläufige Etablierung der Bioökonomie noch zu stärkeren Nachfragesteigerungen bei Phosphatgestein führen. Werden derzeit rund 10 Mio. Hektar (ha) Zuckerrohr in Brasilien für die Produktion von Ethanol als Agrartreibstoff angebaut (Boyer 2019: 183), projiziert der Weltklimarat (IPCC 2018: 20), dass zur Erreichung des 1,5-Grad-Ziels¹² die weltweite Fläche für Energiepflanzen bis 2050 um bis zu 600 Mio. ha (fast

12 Das derzeitige Potenzial von Energiepflanzen wird vor allem in ihrer Verbindung mit der sogenannten *Bioenergie mit Carbon Capture and Storage* (BECCS) gesehen. In diesem technischen Verfahren soll CO₂ aus der Atmosphäre gezogen werden, um „negative Emissionen“ zu erreichen.

die doppelte Fläche des gesamten brasilianischen Territoriums) ausgeweitet werden müsste. Auch Strategien, die eher biotechnologisch ausgerichtet sind, bedürfen einer agrarischen Rohstoffbasis. So berechnet Miriam Boyer (2019: 183ff), dass zur Produktion von Isopren für Autoreifen in einem bakteriellen Prozess (statt mit Erdöl) jährliche Ernteerträge aus rund 6,8 Mio. ha Anbaufläche notwendig sind, um den derzeitigen Bedarf zu decken. Die beiden Beispiele machen deutlich, dass Bioökonomiestrategien, die unter *Peak Phosphorus* gefassten Dynamiken und die Möglichkeit von Ernährungskrisen verschärfen. Auch wenn die für eine Bioökonomie angebauten Pflanzen bei der Flächennutzung nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln treten (was sich anzweifeln lässt), wird sich die Nachfrage nach Düngemitteln deutlich erhöhen. Somit steigen auch Preise für Düngemittel und damit auch die landwirtschaftlichen Produktionskosten. Eine Bioökonomie, die weiterhin als extraktives System funktioniert, wird also neben anderen problematischen Aspekten, wie der hierarchischen Wissensproduktion (s. den Beitrag von Backhouse & Lüthmann in diesem Heft, S. 235ff), auch über den Mechanismus der Nährstoffflüsse globale Ungleichheiten verschärfen. Andererseits hängt auch das Potenzial einer derartigen Bioökonomie an dem Zugriff auf günstigen (Phosphat-)Dünger, was derzeit als nicht mehr selbstverständlich erachtet werden kann.

Denn was sich seit 2007 in der Phosphatindustrie beobachten lässt, ist nicht einfach eine Verknappung oder ein globales, geologisches Problem (*Peak Phosphorus*), von dem die Menschheit als Ganzes gleichermaßen betroffen ist, sondern eine verschärfte Nutzungskonkurrenz. Eine mögliche Knappheit wird phosphatimportierende Länder als erstes betreffen und besonders stark im Globalen Süden wirken, wo aufgrund geringerer Kaufkraft hohe Einkommensanteile für Nahrungsmittel ausgegeben werden. Andererseits stellt das Erstarken staatlicher Akteure aus der Semi-Peripherie in der Phosphatindustrie ein Problem für das *business as usual* im globalen Ernährungssystem dar, welches von den Interessen des Agribusiness geprägt ist. Diese versuchen, sich an die neue Situation anzupassen und ihre Interessen zu verteidigen. Es folgt eine kurze Übersicht der aktuellen Konstellation, bevor exemplarisch auf einige Strategien eingegangen wird.

5. Umkämpfte Güterketten in der Phosphatindustrie

5.1 Aktuelles Panorama der Phosphatindustrie:

Strategischer Rohstoff

Mit dem Wandel der USA zum Nettoimporteur von Phosphatgestein ist das Land in einer ähnlichen Position wie die EU, die ebenfalls stark von Phosphatimporten abhängig ist und einen bedeutenden, stark subventionierten Agrarsektor mit starker politischer Einflussnahme hat. Allerdings sind in den USA (anders als in der EU) die global wichtigsten Phosphatdüngerunternehmen (v.a. Mosaic) angesiedelt, deren Geschäftsmodell auch auf dem Export von fertigen Düngemitteln beruht. Für diese *Interessensgruppe (EU und USA)* ist der Zugriff auf günstiges Phosphatgestein zur Versorgung der heimischen Düngemittelindustrie und Landwirtschaft zentral. Die EU hat Phosphatgestein auch in die Liste der kritischen Rohstoffe aufgenommen, deren Sicherung strategisch verfolgt werden soll. Dieses Interesse durchzusetzen gestaltet sich aber immer schwieriger (Ridder u.a. 2012).

Global gesehen wurde der Produktionsrückgang in den USA vor allem durch einen massiven Produktionsanstieg in China ausgeglichen: 2004 lag die Produktion noch bei rund 25 Mio. t, 2018 bereits bei 140 Mio. t und damit weit über der Fördermenge in der den USA und Marokko (je ca. 30 Mio. t) sowie den mittelgroßen Produzent*innen in der MENA-Region¹³ (Jordanien 8,2 Mio. t; Tunesien 3,7 Mio. t) (Jasinski 2018).

Ab der Jahrtausendwende wurde China mit vielen ausländischen Investitionen zeitweise zum drittgrößten Exporteur von Phosphatgestein (*Observatory of Economic Complexity* [OEC]¹⁴), bevor infolge der Preisanstiege ab 2007 eine Umorientierung der Phosphorpolitik stattfand. Die chinesische Regierung reagierte mit Ausfuhrsteuern auf Phosphatgestein und -dünger sowie mit einem nationalen Reservesystem und erklärte Phosphat zum drittwichtigsten nationalen strategischen Rohstoff (Wellstead 2012). Obwohl die Strategie primär auf eine Versorgung des Binnenmarktes ausgerichtet ist, exportiert China zudem Phosphatdünger, nicht aber den Rohstoff Phosphatgestein (OEC). Das staatliche Unternehmen *Sinofert* verdrängte andere Akteure vom Markt und dominiert nun den chinesischen Markt auf allen Stufen der Güterkette, vom Bergbau bis zum Verkauf von gemischten

13 Akronym aus dem Englischen für Middle East and North Africa (Naher Osten und Nordafrika).

14 S. die Seite des OEC, einer Visualisierung von Handelsstatistiken der *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD) https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/export/show/all/52510/2001/, letzter Aufruf: 4.8.2020.

Düngemitteln. Mit Eigentumsrechten an über 300.000 Mio. t Phosphatgestein kontrolliert das Unternehmen eine der größten Phosphatreserven der Welt (Sinochem 2016: 20).

Die Politik in den traditionellen Exportländern der MENA-Region, wie Marokko oder Jordanien, zielt weniger auf eine Versorgung der Binnenmärkte (zumal diese viel zu klein sind), jedoch positionieren auch diese sich zunehmend selbstbewusst und versuchen sich nicht nur über Lizenzgebühren (*royalties*) größere Teile aus dem Phosphatexport anzueignen. Sie zielen auch zunehmend auf den Export verarbeiteter Düngemittel (Ridder u.a. 2012).

Die Nachfrage wächst am stärksten in den großen Schwellenländern Indien und Brasilien (Hatfield 2018). Deshalb sind diese Märkte von besonderem Interesse für die global orientierten Düngemittelhersteller (aus Nordamerika), die vor allem die höchsten Wertschöpfungsstufen (Endfertigung, Handel) kontrollieren. Allerdings werden die Rohstoffe nun zunehmend von staatlichen Unternehmen kontrolliert, welche die Güterkette hinaufdrängen.

5.2 Neue Ressourcen und Konzentration von Marktmacht: Das Beispiel Vale Fertilizantes/Mosaic

Brasilien ist für die Bioökonomie und die Nährstofffrage in mehrerlei Hinsicht besonders relevant:

Erstens ist Brasilien strategischer Partner der Nationalen Politikstrategie Bioökonomie der Bundesregierung (BMEL 2014). Denn diese Strategie ist auf die Nutzung von Anbauflächen im Ausland angewiesen, da die hiesigen Produktionskapazitäten viel zu gering sind, um fossile Brennstoffe bei einem konstanten Ressourcenverbrauch zu ersetzen. Brasilien positioniert sich strategisch als großer Agrarproduzent auf dem Weltmarkt, wobei nicht erst seit der Regierung Bolsonaro das große landwirtschaftliche Expansionspotenzial betont wird (Wilkinson 2019).

Zweitens ist der brasilianische Agrarsektor in hohem Maße abhängig von Düngemitteln, besonders an den *frontiers* im Savannen- und Amazonas Gebiet, also dort, wo neues Ackerland erschlossen wird, das oftmals für den Sojaanbau genutzt wird. Da diese Böden sehr nährstoffarm sind, gehören die Düngerraten hier zu den höchsten der Welt. In ganz Brasilien herrscht im Sojaanbau eine Düngerrate von 140 kg/ha, die deutlich vor den Raten in den USA (37 kg/ha) und Argentinien (22 kg/ha) liegt (Rahm 2015: 13). Nach Berechnungen des Unternehmens Mosaic werden rund eine halbe Tonne Düngemittel benötigt, um einen neuen Hektar Land zu nutzen (ebd.: 18). Die Inwertsetzung von Land kann nur im Tandem mit der Aneignung (günstiger) externer Nährstoffe erfolgen.

Drittens hat Brasilien zwar kleine nationale Produktionskapazitäten von Phosphatgestein, ist aber in hohem Maße abhängig vom Weltmarkt. Bereits ab der Jahrtausendwende wurde Brasilien zu einem der größten Importeure von Phosphatdünger weltweit (OEC). Da die Düngemittelindustrie ebenso wie die nachgelagerten Teile der Güterketten (Verarbeitung, Handel) von wenigen mächtigen transnationalen Unternehmen dominiert werden, sind die Möglichkeiten innerhalb Brasiliens, Gewinne aus der Landwirtschaft abzuschöpfen, gering. Seit ca. 2006 wurde das Problem der Düngemittelversorgung auf die politische Agenda gesetzt, vor allem durch Publikationen der staatlichen Entwicklungsbank BNDES (*Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*). Dort heißt es:

„Die externe Abhängigkeit von Düngemitteln und die industrielle Konzentration können zu einem Hemmnis für die Produktion und Wettbewerbsfähigkeit der brasilianischen Produkte werden. Die externe Abhängigkeit in einem strategischen Sektor für das Agribusiness und für das Land [Brasilien] ist besorgniserregend.“¹⁵ (BNDES 2010)

Vor dem Hintergrund der oben erwähnten Preisanstiege entwickelten die Mitte-Links-Regierungen von Lula da Silva und Dilma Rousseff (2003-2016) eine Strategie zur Bearbeitung dieses Problems. Das ehemalige Staatsunternehmen *Vale*, an dem die BNDES noch eine Minderheitsbeteiligung von 12 % hält, gründete 2010 das Tochterunternehmen *Vale Fertilizantes*. Erklärtes Ziel des Unternehmens war, „den brasilianischen Markt zu beliefern und dabei zu helfen, die Landwirtschaft des Landes zu entwickeln“.¹⁶ *Vale Fertilizantes* übernahm nahezu den kompletten Düngemittelsektor in Brasilien, um die Etablierung höherer Wertschöpfungsstufen im Land zu stärken. Die Rohstoffe für den Phosphatdünger sollten nicht nur aus den brasilianischen Minen kommen, sondern auch verstärkt aus Peru.

Bereits im Jahr 2005 hatte *Vale* sich die Schürfrechte für die Bayóvar-Mine in der nordperuanischen Provinz Piura gesichert und begann schnell mit dem Aufbau der Förderanlagen. Im Sommer 2010 startete die kommerzielle Förderung von Phosphatgestein, allerdings war *Vale* kurz zuvor ein Joint Venture mit Mosaic (35 %) und dem japanischen Handelshaus Mitsui (20 %) eingegangen (Claps 2014). Die Einbindung Perus in globale Wertschöpfungsketten von Phosphatdünger erfolgte ausschließlich auf der Basis

15 Originaltext: „A dependência externa de fertilizantes e a concentração industrial podem tornar-se um entrave à produção e à competitividade dos produtos brasileiros. Essa dependência externa é preocupante em um setor estratégico para o agronegócio e para o país.“

16 Originaltext: „to supply the Brazilian market and help develop the country's agriculture“, <http://www.valefertilizantes.com>, letzter Aufruf: 28.7.2016 (die Internet-Adresse existiert inzwischen nicht mehr).

von Rohstoffexporten. Dies ist eine Besonderheit in der Phosphatindustrie, wo die beteiligten Staaten meist versuchen, eine gewisse Kontrolle über die Weiterverarbeitung des Rohstoffes auszuüben. Der Export des Rohstoffs Phosphatgestein in Peru steht jedoch im Einklang mit der exportorientierten Entwicklungsstrategie, die seit den Regierungsjahren von Alberto Fujimori (1990-2000) von allen peruanischen Regierungen durch die Schaffung möglichst attraktiver Investitionsbedingungen verfolgt wurde. Seit den 2000er Jahren häufen sich aber sozio-ökologische Konflikte, besonders im Bergbausektor (Crabtree & Durand 2017). Die Bayóvar-Mine bedroht auch eine wichtige Einkommensquelle der lokalen Bevölkerung, die Fischerei in der Bucht von Sechura. Einerseits werden zum Reinigen des Phosphatgesteins große Mengen Meerwasser abgepumpt und damit auch die Larven von Sardellen und anderen Fischen. Andererseits gelangen Teile des fein gemahlene Phosphatgesteins beim Verladen auf Frachtschiffe immer wieder ins Meereswasser, wo das erhöhte Nährstoffaufkommen für starkes Algenwachstum (Eutrophierung) sorgt und die Fischbestände verringert (Claps 2014). Die Anzahl neuer Arbeitsplätze ist äußerst gering und die gesundheitsschädlichen Auswirkungen der Arbeit sind in anderen Ländern dokumentiert (Mennig 2015). Diese Elemente der Externalisierung sozial-ökologischer Kosten der industriellen Landwirtschaft gründen auf historisch gewachsenen Ungleichheiten, sind aber weitgehend unbekannt.

Nach Eröffnung der Bayóvar-Mine wurde Peru mit einer Produktionsmenge von nur ca. 3,9 Mio. t im Jahr zum viertgrößten Exporteur von Phosphatgestein und hatte 2016 einen Anteil von ca. 10 % am Welthandel (OEC¹⁷). Obwohl andere Länder, wie China und die USA deutlich mehr produzieren, wird das Phosphatgestein dort nicht exportiert, sondern zu Düngemitteln weiterverarbeitet. Da die gesamte Produktion in Peru auf den Export ausgerichtet ist, nimmt das Land auch mit einer vergleichsweise kleinen Produktionsmenge eine wichtige Stellung auf dem Weltmarkt für Phosphatgestein ein. Angesichts der im Bayóvar-Projekt involvierten Akteure überrascht wenig, dass die peruanischen Phosphatexporte vor allem nach Brasilien und in die USA gehen. Der direkte Zugriff auf die Rohstoffe ermöglicht diesen Ländern günstigere Produktionsbedingungen als dies über Einkäufe auf dem Weltmarkt möglich wäre, in den USA hat das Phosphatgestein aus Peru einen Anteil von 79 % an den Importen (Jasinski 2020).

In Brasilien fand die nationale Düngemittelstrategie nach dem Putsch gegen Dilma Rousseff im Sommer 2016 ein jähes Ende: Im Dezember 2016 wurde Vale Fertilizantes verkauft, wobei die größten Anteile, inklusive der

17 S. https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/export/show/all/52510/2016/, letzter Aufruf 5.10.2020.

Bayóvar-Mine, an Mosaic gingen. Zwar wird auch weiterhin Phosphatgestein aus Peru nach Brasilien exportiert, jedoch kontrolliert nun Mosaic hier die Düngерfabriken, so wie den Großteil des Marktes auf dem derzeit das stärkste weltweite Nachfragewachstum stattfindet (Hatfield 2018). Mit dieser Monopolstellung hat das Unternehmen gute Möglichkeiten, die Preise in Brasilien zu bestimmen.

5.3 Technologie

Mit dem Anstieg der Düngemittelpreise haben sich auch Bemühungen intensiviert, technologische Lösungen gegen die starke Abhängigkeit von Düngemitteln bzw. „knapper“ werdenden Rohstoffen zu finden. Drei Strategien unterschiedlicher Akteure und Technologien werden im Folgenden vorgestellt:

- a) Von den transnationalen Agrarunternehmen, welche die vor- und nachgelagerten Schritte der landwirtschaftlichen Produktion kontrollieren, wird das Projekt der *high precision agriculture* vorangetrieben. Mithilfe von Big-Data-Plattformen sollen Drohnen und eine neue Generation von Traktoren, die mit zahlreichen Sensoren und Monitoren ausgestattet sind, die Komposition des Bodens möglichst genau erfassen. Auf Basis dieser Daten soll der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden mit „hoher Präzision“ erfolgen. Auch die deutsche Politikstrategie Bioökonomie bezieht sich positiv auf die Präzisionslandwirtschaft, da sie einen „nachhaltigeren“ Einsatz von Ressourcen erlaube (BMEL 2014: 55). Jedoch stärkt die Etablierung der Präzisionslandwirtschaft die Abhängigkeit der Produzent*innen von den Firmen des Agribusiness, welche diese Technologien bereitstellen. Die sektorübergreifende Zusammenarbeit an diesem Projekt zeigt sich unter anderem in der *Global-Harvest-Initiative*, an der Saatgut- und Pestizidfirmen wie *Monsanto/Bayer* und *Dupont* ebenso teilnehmen wie Mosaic und der größte Traktorhersteller *John Deere* (Suppan 2017: 3). Auch das staatliche Agrarforschungsinstitut *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* (EMBRAPA) aus Brasilien ist Teil der Initiative. Es arbeitet insbesondere an einem präziseren Einsatz von Düngemitteln mithilfe von Nanotechnologie, wodurch die Erträge um 67 % erhöht werden sollen (ebd.: 3f). Im Gegensatz zu den technologischen Umbrüchen der Vergangenheit, wie der Grünen Revolution, die die globalen Erträge um mehr als 200 % steigerte (s.o.), sind diese (selbstgesteckten) Ziele aber äußerst bescheiden.

- b) Eine Reihe von großen Produzent*innen im zentralen Westen Brasiliens experimentiert mit alternativen Technologien. Diese „neue Klasse von Mega-Farmern“ (Wilkinson 2019: 11f) testet in Zusammenarbeit mit lokalen Universitäten neue Fruchtfolgen, konventionelles Saatgut und organische Düngemittel. Dadurch wird versucht, die Produktionskosten zu senken und die Verhandlungsmacht gegenüber den transnationalen *input*-Firmen, wie Bayer und Mosaic, zu stärken. Bereits über 2.300 Produzent*innen sind in der „Gruppe Nachhaltige Landwirtschaft“¹⁸ (MAPA 2019) organisiert. Der Zusammenschluss ist besonders stark im Bundesstaat Goiás, wo schon 250.000 ha mit „natürlichen“ Nährstoffquellen gedüngt werden. Dazu gehören verschiedene Pflanzenarten, die Nährstoffe zurück in den Boden führen, so wie ein *pó de rocha* (Steinmehl) genanntes Gemisch aus zermahlenen Gesteinen, welche regional verfügbar und reich an Nährstoffen sind (z.B. Vulkangestein) (MAPA 2019). In der bisherigen Anwendung kommt es zu keinem eindeutigen Bruch. Durch eine Kombination konventioneller und alternativer Düngemittel steigen die Erträge, während die Produktionskosten abnehmen. Die Umorientierung ist also vor allem ökonomisch motiviert, was besonders vor dem Hintergrund der oben skizzierten Zusammenhänge verständlich wird.
- c) Ein weiterer Ansatz zur Reduzierung der Rohstoffabhängigkeit in der landwirtschaftlichen Düngung wird derzeit in der BRD umgesetzt. Laut der Klärschlammverordnung von 2017 müssen ab 2029 für die Wiedergewinnung von Phosphor Klärschlämme aus Kläranlagen für mehr als 50.000 Einwohner recycelt werden (BMU 2017). Dadurch ließen sich bis zu 40 % der Phosphorimporte ersetzen (Deutsche Phosphor-Plattform 2019). Trotz des Diskurses einer Kreislaufwirtschaft bliebe auch nach der erfolgreichen Umsetzung aus Minen extrahiertes Phosphatgestein mit einem Anteil von 60 % die wichtigste Phosphorquelle in Deutschland. Auch die nationale Politikstrategie Bioökonomie will die Bemühungen zum Nährstoffrecycling fördern (BMEL 2014: 64). Führende Wissenschaftler*innen, u.a. der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, testeten mit Finanzierung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) verschiedene Verfahren, kamen jedoch zu dem Ergebnis, dass in „keinem Fall [...] das zurückgewonnene Phosphat oder phosphathaltige Düngemittel hinsichtlich des Preises mit aus [mineralischem] Rohphosphat hergestellter Phosphorsäure konkurrieren [kann]“ (Pinnekamp u.a. 2011: 13f). Um den Preisabstand (von damals 2 €/kg vs. 1,25 €/kg) auszugleichen, werden jenseits der neuen Klärschlammverordnung bereits Pilotprojekte gefördert. So wird die

18 „Grupo de Agricultura Sustentável“.

Hamburger *VERA Klärschlammverbrennung GmbH* mit über drei Mio. € vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) finanziert und kann mittlerweile jährlich 1.600 t Phosphor aus Klärschlammasche zurückgewinnen (BMU 2017). Dabei geht es nicht nur um ökologische Fragen: Sowohl für Technologien, die das Phosphat von Klärwasser trennen, als auch für die Herstellung von phosphorhaltigem Dünger aus Klärasche gäbe es, laut der oben genannten Studie (Pinnekamp u.a. 2011: 15) bis zum Jahr 2030 „ein Marktpotenzial von jeweils bis zu 100 Millionen Euro“. Dabei gelte es, die derzeit „dominante“ Forschung und Entwicklung in Deutschland gegenüber anderen Ländern zu nutzen, um „das Potenzial zur Bildung eines Vorreiter- bzw. Lead-Marktes umzusetzen“. Es gilt also, den Wirtschaftsstandort Deutschland für das Zeitalter der „Nachhaltigkeit“ fit zu machen und sich gegenüber Konkurrent*innen durchzusetzen. In Bezug auf die Güterketten von Phosphatdünger, die vermehrt aus der Semi-/Peripherie kontrolliert werden, bedeutet dies auch eine Möglichkeit, verstärkt Kontrolle auszuüben.

Die drei Strategien haben also gemeinsam, dass sie primär aus ökonomischen Motiven betrieben werden, um die Position der entsprechenden Akteure in den Güterketten zu verbessern bzw. zu stärken. Ferner zielen sie darauf ab, den Verbrauch der endlichen und umkämpften Ressource Phosphatgestein zu reduzieren, brechen aber nicht grundsätzlich mit dem extraktiven Charakter der Landwirtschaft. Unter Betrachtung der Nährstoffflüsse bleibt damit auch eine Bioökonomie, in der diese Strategien umgesetzt werden, ein extraktives System.

6. Fazit

Der vorliegende Beitrag hat gezeigt, dass die industrielle Landwirtschaft durch die präsentierten Bioökonomiestrategien nicht grundsätzlich infrage gestellt wird. Historisch hat sich die industrielle Landwirtschaft als ein System offener Nährstoffflüsse konstituiert, in dem verschiedene Krisenmomente durch technologische Revolutionen und den Zugriff auf günstige Ressourcen bearbeitet werden konnten. Aktuell stellt vor allem die Versorgung mit dem Nährstoff Phosphor eine Herausforderung für den Fortbestand der industriellen Landwirtschaft dar und somit auch für die Realisierung einer Bioökonomie, die auf dieses Produktionssystem setzt. Der Zugriff auf neue Phosphatressourcen gestaltet sich für phosphatimportierende Länder zunehmend schwierig, und verschiedene Akteure ringen um die Ausgestaltung von Güterketten zu ihrem Vorteil. Eine weitläufige

Umsetzung von Bioökonomiestrategien würde diese Auseinandersetzung verschärfen und auch jenseits der Flächenkonkurrenz über den Mechanismus „Düngemittel“ die Preise für Nahrungsmittel nach oben treiben und erneute Ernährungskrisen mit einer rapiden Ausweitung von weltweitem Hunger wie 2007/08 oder 2011 auslösen. Bei der Betrachtung der bisherigen Nährstoffflüsse erscheint die Bioökonomie als ein exklusives Projekt, das vornehmlich von Akteuren realisiert werden kann, die sich den Zugriff auf Phosphor sichern können. Denn für diesen Nährstoff gibt es keinen Ersatz und die Ressourcen an Phosphatgestein sind endlich. Die derzeitigen technologischen Neuerungen in Bezug auf (Phosphor-)Düngung, die auch im Rahmen von Bioökonomiestrategien vorangetrieben werden, ermöglichen eine Anpassung an eine Konstellation, in der Phosphat als umkämpfte Ressource betrachtet werden kann, wobei die wesentlichen Eckpunkte der industriellen Landwirtschaft und die dahinterstehenden Interessen intakt bleiben. Zwar können die neuen Dünger-Technologien im Diskurs der Bioökonomie von Nachhaltigkeit oder Effizienz das offene Durchflusssystem von Nährstoffen abschwächen. Jedoch stellen diese Technologien und die Bioökonomie keine Agrarrevolution dar, mit der sprunghafte Anstiege der Produktivität (vgl. Moore 2010) oder eine Loslösung von der derzeitigen extraktiven Basis möglich sind. Daher werden Nährstoffflüsse und insbesondere die Phosphorversorgung auch weiterhin ein brisantes Thema sein. Dessen Politisierung kann eine Möglichkeit sein, politische Unterstützung für Alternativen wie die Agrarökologie zu gewinnen, die eine tatsächliche Abkehr vom extraktiven Charakter der Landwirtschaft erlauben.

Literatur

- Anlauf, Axel; & Stefan Schmalz (2019): „Globalisierung und Ungleichheit“. In: Fischer, Karin, & Margarete Grandner (Hg.): *Globale Ungleichheit. Über Zusammenhänge von Kolonialismus, Arbeitsverhältnissen und Naturverbrauch*. Wien, S. 192-211.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2017): *Phosphor – zu wertvoll für die Müllverbrennung*. <https://www.bmu.de/pressemitteilung/phosphor-zu-wertvoll-fuer-die-muellverbrennung/>, letzter Aufruf: 19.12.2019.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung & BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2020): *Nationale Bioökonomiestrategie*. Berlin. <https://www.bmbf.de/files/bio%3%b6konomiestrategie%20kabinett.pdf>, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): *Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Wachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie*. Berlin. http://www.bio-step.eu/fileadmin/BioSTEP/Bio_strategies/Nationale_Politikstrategie_Biooekonomie.pdf, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2010): *Panorama atual e perspectivas de desenvolvimento do setor de fertilizantes no Brasil*. Informe Setorial No. 16,

- Januar 2010. https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/informe-16AI.pdf, letzter Aufruf: 5.10.2020.
- BÖLW – Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (o.J.): *Wie wird im Ökologischen Landbau gedüngt?* <https://www.boelw.de/service/bio-faq/landwirtschaft/artikel/wie-wird-im-oekologischen-landbau-geduengt/>, letzter Aufruf: 6.1.2020.
- Boyer, Miriam (2019): „Alternativen zum Extraktivismus oder alternative Extraktivismen?“ In: Ramirez, Martín, & Stefan Schmalz (Hg.): *Extraktivismus – Lateinamerika nach dem Ende des Rohstoffbooms*. München, S. 177-192.
- Clapp, Jennifer (2016): *Food*. Cambridge.
- Crabtree, John, & Francisco Durand (2017): *Peru: Elite Power and Political Capture*. London.
- Claps, Luis Manuel (2014): *Phosphates Mining Rocks the Boats in Northern Peru*. Upside Down World, 21.05.2014. <http://upside-downworld.org/archives/peru-archives/phosphates-mining-rocks-the-boats-in-northern-peru>, letzter Aufruf: 29.11.2018.
- Cordell, Dana (2010): *The Story of Phosphorus: Sustainability Implications of Global Phosphorus Scarcity for Food Security*. Linköping Studies in Arts and Science No. 509, Department of Water and Environmental Studies, Linköping University.
- Cordell, Dana, & Stuart White (2011): „Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate“. *Sustainability*, Bd. 3, Nr. 10, S. 2027-2049 (<https://doi.org/10.3390/su3102027>).
- Derdak, Thomas, & Paula Kepos (1994): *International Directory of Company Histories*. Bd. 8. Detroit US-MI & London.
- Deutsche Phosphor-Plattform (2019): *Die meistgestellten Fragen von Bürgern und Entscheidungsträgern zum Thema „Phosphorrecycling“*. <https://www.deutsche-phosphor-plattform.de/wp-content/uploads/2019/02/FAQs-zur-Phosphorr%C3%BCckgewinnung.pdf>, letzter Aufruf: 19.12.2019.
- INKOTA-Netzwerk; MISEREOR & Oxfam (Hg.) (2016): *Besser Anders – Anders Besser. Mit Agrarökologie die Ernährungswende gestalten*. https://www.fian.de/fileadmin/user_upload/shop/artikel_bilder/landwirtschaft/Agraroeologie_Besser_Anders_Broschuere.pdf, letzter Aufruf: 31.1.2019.
- Foster, John Bellamy (2000): *Marx's Ecology – Materialism and Nature*. New York, US-NY.
- Foster, John Bellamy, & Fred Magdoff (2000): „Liebig, Marx, and the Depletion of Soil Fertility: Relevance for Today's Agriculture“. In: Magdoff, Fred; John B. Foster & Frederik Buttel (Hg.): *Hungry for Profit: The Agribusiness Threat to Farmers, Food, and the Environment*. New York, US-NY, S. 43-60.
- Gnutzmann, Hinnerk, & Piotr Spiewanowski (2015): „Did the Fertilizer Cartel Cause the Food Crisis?“ FREE Policy Brief Series, 23.3.2015. <https://freepolicybriefs.org/2015/03/23/did-the-fertilizer-cartel-cause-the-food-crisis-2/>, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Hatfield, Oliver (2018): *Brazil the Phosphate Market Dynamo*. Integer Research Report.
- Here, Roman (2017): „Rohstoffe – Die zweite Ernte der Agrarhändler“. In: Heinrich-Böll-Stiftung u.a. 2017, S. 26f, https://www.boell.de/sites/default/files/konzernatlas2017_iii_web.pdf?dimension1=ds_konzernatlas, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Heinrich-Böll-Stiftung; Rosa-Luxemburg-Stiftung; Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland; Oxfam Deutschland; Germanwatch & Le Monde diplomatique (Hg.) (2017): *Konzernatlas – Daten und Fakten über die Agrar- und Lebensmittelindustrie*. Paderborn. https://www.boell.de/sites/default/files/konzernatlas2017_iii_web.pdf?dimension1=ds_konzernatlas, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Hopkins, Terence K., & Immanuel Wallerstein (1986): „Commodity Chains in the World-economy Prior to 1800“. In: *Review*, Bd. 10, Nr. 1, S. 157-170.

- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2018): *Global Warming of 1,5°C – Summary for Policy Makers*. https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf, letzter Aufruf: 6.1.2020.
- Jasinski, Steven M., & David A. Buckingham (2010): *Phosphate Rock Statistics 1900-2009*. U.S. Geological Service.
- Jasinski, Steven M. (2018): *Phosphate Rock*. USGS Mineral Commodity Summaries. <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/phosphate-rock/mcs-2018-phosp.pdf>, letzter Aufruf: 5.10.2020.
- Jasinski, Steven M. (2020): *Phosphate Rock*. USGS Mineral Commodity Summaries. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-phosphate.pdf>, letzter Aufruf: 5.10.2020.
- Loeber, Katharina (2010): *Der Niedergang des Chilesalpeters: Chemische Forschung, militärische Interessen, ökonomische Auswirkungen*. Berlin.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019): *Produtores rurais buscam bioinsumos para reduzir custo da produção e aumentar rentabilidade*. <http://www.agricultura.gov.br/noticias/produtores-rurais-buscam-bioinsumos-para-reduzir-custo-da-producao-e-aumentar-rentabilidade>, letzter Aufruf: 2.1.2019.
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (2016): *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*. Brasília. http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf, letzter Aufruf: 5.10.2020.
- Mennig, Daniel (2015): *Schädlicher Phosphat-Abbau: Arbeiter leiden für unseren Dünger*. „Kassensturz“-Reportage des SRF vom 1.9.2015. <https://www.srf.ch/play/tv/kassensturz/video/schaedlicher-phosphat-abbau-arbeiter-leiden-fuer-unseren-duenger?id=b46600b2-8f8e-4211-9ba8-51f6fa70466d>, letzter Aufruf: 3.1.2020.
- Marx, Karl (1970 [1867]): *Das Kapital*, Band I (= MEW 23), Berlin.
- Moore, Jason (2010): „The End of the Road? Agricultural Revolutions in the Capitalist World-Ecology, 1450-2010“. In: *Journal of Agrarian Change*, Bd. 10, Nr. 3, S. 389-413 (<https://doi.org/10.1111/j.1471-0366.2010.00276.x>).
- Moore, Jason (2015): *Capitalism in the Web of Life. Ecology and the Accumulation of Capital*. London.
- Overton, Mark (1996): *Agricultural Revolution in England*. Cambridge (<https://doi.org/10.1017/CBO9780511607967>).
- Patel, Raj (2012): *Stuffed and Starved: The Hidden Battle for the World Food System*. New York, US-NY.
- Pinnekamp, Johannes; Karlheinz Weinfurter; Christian Sartorius & Stefan Gäth (2011): *Phosphorrecycling – Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland*. Abschlussbericht. https://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/02WA0807_-_Abschlussbericht.pdf, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Potashcorp (2018): *Annual Report 2017*. www.nutrien.com/sites/default/files/uploads/2018-02/2017%20PotashCorp%20Annual%20Report.pdf, letzter Aufruf: 29.11.2018.
- Rahm, Michael (2015): *Outlook for Brazil*. Presentation at the Sixth CRU-GPCA Fertilizer Convention. 16.9.2015. Dubai. <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1285785/000124378615000153/exhibit991crugpcapresent.htm>, letzter Aufruf: 5.10.2020.
- Rawashdeh, Rami al, & Philipp Maxwell (2011): „The Evolution and Prospects of the Phosphate Industry“. In: *Miner Econ*, Bd. 24, Nr. 1, S. 15-27 (<https://doi.org/10.1007/s13563-011-0003-8>).
- Ridder, Marjolein; Sijbren de Jong; Joshua Polchar & Stephanie Lingemann (2012): *Risks and Opportunities in the Global Phosphate Rock Market – Robust Strategies in Times of Uncer-*

- tainty. The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS). https://www.phosphorusplatform.eu/images/download/HCSS_17_12_12_Phosphate.pdf, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Rockström, Johann; Will Steffen; Kevin Noone; Åsa Persson; F. Stuart Chapin; Eric F. Lambin; Timothy M. Lenton; Marten Scheffer; Carl Folke; Hans Joachim Schellnhuber; Björn Nykvist; Cynthia A. de Wit; Terry Hughes; Sander van der Leeuw; Henning Rodhe; Sverker Sörlin; Peter K. Snyder; Robert Costanza; Uno Svedin; Malin Falkenmark; Louise Karlberg; Robert W. Corell; Victoria J. Fabry; James Hansen; Brian Walker; Diana Liverman; Katherine Richardson; Paul Crutzen & Jonathan A. Foley (2009): „A Safe Operating Space for Humanity“. In: *Nature*, Bd. 461, S. 472–475 (<https://doi.org/10.1038/461472a>).
- Rosemarin, Arno; Gert de Bruijne & Ian Caldwell (2009): „Peak Phosphorus: The Next Inconvenient Truth“. In: *The Broker*, 4.8.2009. <https://www.thebrokeronline.eu/peak-phosphorus/>, letzter Aufruf: 5.10.2020.
- Sinochem (2016): *Annual Report 2015*. <http://english.sinochem.com/portals/4/pdf/nb/2015en.pdf>, letzter Aufruf: 29.11.2018.
- Suppan, Steve (2017): *Applying nanotechnology to fertilizer: rationales, research, risks and regulatory challenges*. Institute for Agriculture and Trade Policy. https://www.iatp.org/sites/default/files/2017-10/2017_10_10_Nanofertilizer_SS_f.pdf, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Taylor, C. Robert, & Diana L. Moss (2013): *The Fertilizer Oligopoly – The Case for Global Antitrust Enforcement*. The American Antitrust Institute. <https://www.antitrustinstitute.org/wp-content/uploads/2013/10/FertilizerMonograph.pdf>, letzter Aufruf: 1.10.2020.
- Weis, Tony (2007): *The Global Food Economy*. London.
- Wellstead, James (2012): *Remaking China's Phosphate Industry*. Resource Investing News, 3.5.2012. <https://www.businessinsider.com/remaking-chinas-phosphate-industry-2012-5?IR=T>, letzter Aufruf: 16.11.2017.
- Wilkinson, John (2019): *Large-Scale Forces, Global Tendencies and Rural Actors in the Light of the SDG Goals*. 2030 – Food, Agriculture and Rural Development in Latin America and the Caribbean, No. 5, FAO. Santiago de Chile. <http://www.fao.org/3/ca5058en/ca5058en.pdf>, letzter Aufruf: 1.10.2020.

Anschrift des Autors:

Axel Anlauf

axelanlauf@gmail.com